

УДК 658.51.012

ХОДУСОВ В.Д., ПИГНАСТЫЙ О.М.

ОБ ОСНОВНЫХ МЕТОДАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ.

Теория управления поточным производством в последнее время претерпевает интенсивное развитие. Наряду с традиционными методами проектирования систем управления поточными линиями [1–8] значимую роль играют методы, связанные с применением уравнений в частных производных (PDE-модели) [1,2,9–12]. Основные подходы к проектированию систем управления поточными линиями основываются на программном управлении и управлении по отклонениям [13,14], (рис.1). Если при движении по технологическому маршруту закон изменения параметров предметов труда известен и известны внешние воздействия на параметры предметов труда, а цель управления производственным процессом достижима, то может быть получен закон управления параметрами поточной линии на период выполнения производственной программы. Если возмущения неизвестны, но могут быть измеренными к моменту принятия решения, то управление параметрами технологического процесса формируется как функция их возмущений.

При проектировании систем управления производственными поточными линиями важным шагом является построение соответствующей модели описания управляемого процесса (рис.2). Классическая теория оптимального управления широко используется для проектирования динамических систем, эволюция которых задается дифференциальными уравнениями. Развитый аппарат теории оптимального управления может быть успешно применен при проектировании систем управления производством в случае, когда для их описания использованы непрерывные модели [1,9,10,12].



Рис.1. Методы построения систем программного управления поточными линиями

Модель управляемого процесса должна содержать параметры потока изделий и параметры состояния межоперационных заделов как в стационарных режимах, так и в переходных процессах. Переходные процессы в последнее время приобретают ключевое значение при проектировании систем управления производством [10,14], (рис.2). Кроме того, модель должна быть способной предоставить решение производственной задачи в течение ограниченного времени при использовании заданных вычислительных ресурсов. Особенностью проектирования систем управления поточными линиями является то, что они состоят из большого количества технологических операций, $M=10^2-10^3$, (рис.3). Параметры производственной линии для непрерывного поточного производства с достаточно большим количеством технологических операций удовлетворяют системе балансовых уравнений [15]. Для одномоментного приближения система балансовых уравнений может быть записана в следующей форме [16,17]:

$$\frac{\partial [\chi]_0(t,s)}{\partial t} + \frac{\partial [\chi]_1(t,s)}{\partial s} = 0, \quad [\chi]_1(t,s) = [\chi]_{1\psi}(t,s).$$

В общем виде задача построения оптимальной управления межоперационными заделами $[\chi]_0(t,s)$ производственной линии с использованием для достижения целей управления дополнительного оборудования может быть сформулирована следующим образом: определить состояние межоперационных заделов $[\chi]_0(t,s) \in G_0$ производственной линии для каждой точки $S \in [0, S_d]$ технологического маршрута в течение промежутка времени $t \in [0, T_d]$ при управлении производительностью технологического оборудования $Y(t,s) \in G_Y$ на m -ой технологической операции, доставляющих минимум функционалу

$$\int_0^{T_d} \int_0^{S_d} (Y_1(t,s) \cdot \omega_{Y1}(t,s) + Y_0(t,s) \cdot \omega_{Y0}(t,s)) dS dt \rightarrow \min,$$

при а) дифференциальных связях $\frac{\partial [\chi]_0(t,s)}{\partial t} + \frac{\partial [\chi]_1(s)}{\partial s} = -\frac{\partial Y_1(t,s)}{\partial s} - Y_0(t,s)$, $[\chi]_1(t,s) = [\chi]_{1\psi}(t,s)$,

которые определяются системой балансовых уравнений двухуровневой модели управляемого производственного процесса; б) ограничениях вдоль траектории на фазовые переменные $[\chi]_0(t,s)$, определенных емкостью накопителей $0 \leq [\chi]_0(t,s)$, $[\chi]_0(t,s) \leq [\chi]_{0G}(s)$; в) ограничениях вдоль траектории на управление

$$0 \leq Y(t,s), \quad Y(t,s) + [\chi]_1(t,s) \leq [\chi]_{1G}, \quad Y(t,s) = \int_0^S Y_0(t,\zeta) d\zeta + Y_1(t,s);$$

г) начальных условиях $[\chi]_0(0,s) = [\chi]_{00}(s)$; д) конечном состоянии (цели управления) $[\chi]_0(T_d,s) = [\chi]_{0T_d}(s)$; и е) граничных условиях $[\chi]_1(t,0) = [\chi]_{1\psi}(0)$, $[\chi]_1(t,S_d) = [\chi]_{1\psi}(S_d)$.



Рис.2. Система программного управления параметрами поточной линии

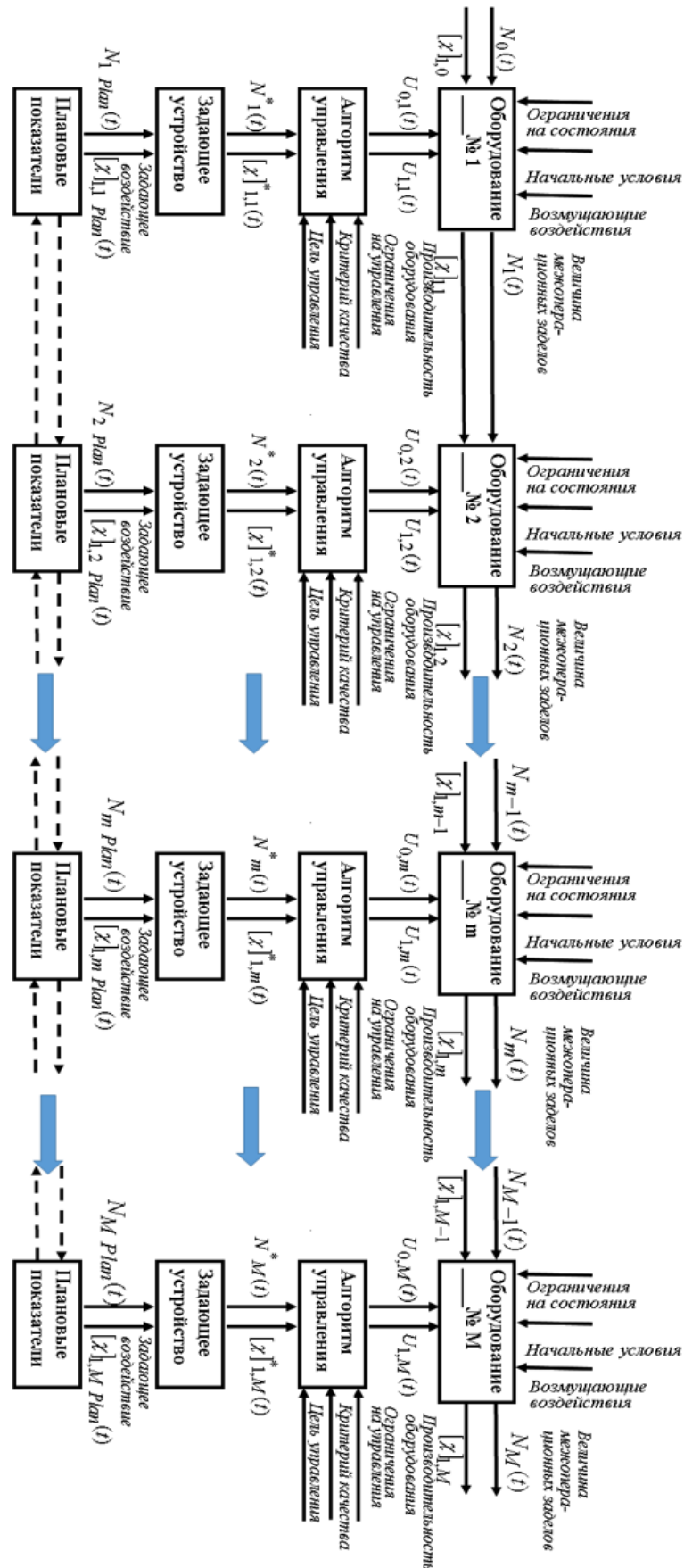


Рис.3 Структурная схема многомерной системы управления поточной линией

ЛИТЕРАТУРА

1. Berg R. Partial differential equations in modelling and control of manufacturing systems / R. Berg. – Netherlands, Eindhoven Univ. Technol., 2004. – P. 157.
2. Якимович С.Б. Постановка и решение задачи синтеза и оптимального управления технологическими процессами лесозаготовок. / С.Б. Якимович. – М.: МГУЛ, 2003. – №3. – С. 96 – 103.
3. Первозванский А.А. Математические методы в управлении производством. / А. А. Первозванский. – М.: Наука, 1975. – С. 616.
4. Петров Б.Н. Теории моделей в процессах управления (Информационный и термодинамический аспекты). / Петров Б. Н., Уланов Г. М., Гольденблат И. И., Ульянов С. В. – М.: Наука, 1978. – С. 224.
5. Разумов И.М. Организация и планирование машиностроительного производства. / И.М.Разумов, Л.Я.Шухгалтер – М.: Машиностроение, 1974. – С. 592.
6. Соколицын С.А. Применение математических методов в экономике и организации машиностроительного производства/С.А.Соколицын –Л.:Машиностроение, 1970. –С. 345.
7. Управление гибкими производственными системами. Модели и алгоритмы / Е. Д. Воронина [и др.] ; общ. ред. С. В. Емельянов. – М.:Машиностроение, 1987. - 368 с.
8. Шкурба В.В. Планирование дискретного производства в условиях АСУ. / В. В. Шкурба и др. – К.: Техника, 1975. – С. 296.
9. Lefeber E. Modeling, Validation and Control of Manufacturing Systems. / E.Lefeber, R.A.Berg, J.E. Rooda — Proceeding of the 2004 American Control Conference, Massachusetts, 2004. – P. 4583 – 4588.
10. Пигнастый О. М. Анализ моделей переходных управляемых производственных процессов / О. М. Пигнастый // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Белгород: БГУ. - 2015. - № 35/1. - С. 133-144
11. Vollmann T.E. Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management. / T.E.Vollmann, L.Berry, D.C.Whybark, F.R.Jacobs – McGraw-Hill, New York, 2005. – P. 520.
12. Пигнастый О. М. О новом классе динамических моделей поточных линий производственных систем / О. М. Пигнастый // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Белгород: БГУ. - 2014. - № 31/1. - С. 147-157
13. Моисеев Н.Н. Элементы теории оптимальных систем. / Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 1974. – С. 526.
14. Пигнастый О. М. Обзор моделей управляемых производственных процессов поточной линии производственных систем // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Белгород: БГУ. - 2015. - № 34/1. С.137-152
15. Пигнастый О. М. К вопросу подобия технологических процессов производственно-технических систем / Н. А. Азаренков, О. М. Пигнастый, В. Д. Ходусов // Доповіді Національної академії наук України. - Київ: Видавничий дім "Академперіодика". - 2011. – №2– С. 29-35. –Available at: <https://goo.gl/0N1Sql>
16. Pihnastyi O.M. Model of conveyer with the regulable speed / O.M.Pihnastyi, V.D.Khodusov // Bulletin of the South Ural State University. Ser.Mathematical Modelling, Programming & Computer Software (Bulletin SUSUMMCS), 2017, vol.10, no.4, pp.64-77 DOI: 10.14529/mmp170407.
17. Пигнастый О. М. Модель одноузловой конвейерной линии с постоянной скоростью перемещения предметов труда / О. М. Пигнастый, В. Д. Ходусов // Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління. - Харків: ХНУ. - 2016. № 32. - С.60-74. –Available at:<https://goo.gl/3AAo5o>